Münster 1936 No 47 Med DiSS

Der Tod durch elektrischen Strom in gerichtsärztlicher Beziehung.

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung der Würde
eines doktor medicinae
durch die hohe Medizinischen Fakultät
der Wilhelms-Universität in Münster
in Gemeinschaft mit der Medizinischen
Akademie in Düsseldorf

Vorgelegt von

Hans Jürgen Dammermann

aus Düsseldorf.

1935.

Druck: Kahl & Domms, Altona-Elbe.

AUS DEM INSTITUT FÜR GERICHTLICHE MEDIZIN
DER MEDIZINISCHEN AKADEMIE IN DÜSSELDORF
Direktor Professor Dr. Berg.

Der Tod durch elektrischen Strom in gerichtsärztlicher Beziehung.

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung der Würde
eines doktor medicinae
durch die hohe Medizinischen Fakultät
der Wilhelms-Universität in Münster
in Gemeinschaft mit der Medizinischen
Akademie in Düsseldorf

Vorgelegt von

Hans Jürgen Dammermann

aus Düsseldorf.

1935.

Druck: Kahl & Domms, Altona-Elbe.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Akademie in Düsseldorf und der Medizinischen Fakultät der Westfälischen Wilhelms-Universität in Münster.

gez. Schmidt v. Elmendorff
Rektor der Medizinischen Akademie Düsseldorf

gez. Klinge
Dekan der Medizinischen Fakultät Münster

gez. Berg
1. Berichterstatter

gez. Többen
2. Berichterstatter.

Referent: Professor Dr. Berg

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

Der Tod durch elektrischen Strom in gerichtsärztlicher Beziehung.

In der allgemeinen Entwicklung der Technik steht die Verbreitung der Elektrizität in den letzten Jahren vor allem nach dem Weltkriege in vorderster Linie. Ihre Anwendung in den gewerblichen Betrieben, im Beleuchtungswesen, auf dem Bau, im Haushalt hat in ganz bedeutendem Maße zugenommen. Eine eigene Industrie hat sich aus diesem vermehrten Verbrauch von elektrisch betriebenen Apparaten und elektrischem Licht usw. mächtig aufgebaut, und sie ist zu einem wichtigen Faktor unseres volkswirtschaftlichen Lebens geworden. Wie fast jeder gewerbliche Betrieb aber seine Opfer fordert, stellten sich auch bald in der Elektro-Industrie die beruflichen Unglücksfälle ein. Sie blieben aber nicht auf diese allein beschränkt, sondern man lernte schnell aus der Erfahrung, daß überall dort, wo Elektrizität zur Anwendung kam, auch die Gefahr von Unfällen gegeben war. Mit der stetigen Zunahme der Elektrifizierung hielt die wachsende Zahl der Unfälle Schritt.

Leider liegen aus den früheren Jahren keine genauen Statistiken vor. Es fehlt auch eine Statistik über die Zahl der elektrischen Todesfälle im Vergleich zu den Elektro-Unfällen, die sich insgesamt ereigneten, die also den Grad der Gefährlichkeit oder die Todesaussicht berücksichtigt.

Für Deutschland liegt nur eine Statistik für die Jahre 1926 bis 1931 vor.

Jahr	Gesamtzahl der Todesfälle durch gewaltsames Absterben	elektrischer Tod	in Prozenten
1926	23 384	392	2,7
1927	24 943	406	2,7
1928	26 403	441	2,4
1929	27 679	408	2,2
1930	25 720	409	2,3
1931	22 835	306	1,9

Das Sinken der Zahlen der elektrischen Todesfälle seit 1927 dürfte wohl darauf zurückzuführen sein, daß in den letzten Jahren eine Anzahl der Betriebe stilliegen mußte, die Arbeiter also nicht mehr in dem Maße der Gefahr ausgesetzt waren, mit dem Strom in Berührung zu kommen.

Legt man den Hauptwert bei der oben angeführten Tabelle auf die Prozentzahlen, so mag die Bedeutung der durch den elektrischen Strom bedingten Todesfälle gering erscheinen. Wenn man aber bedenkt, daß in Deutschland im Jahre 400 Menschen durch Kontakt mit dem elektrischen Strom umkommen, sich also täglich zum mindesten ein elektrischer Todesfall ereignet, so ist es nur zu berechtigt, dieser Todesart größere Aufmerksamkeit zu widmen.

Eine gründliche Erforschung des Stromtodes, wie ich der Kürze halber den Tod durch Eintritt des elektrischen Stroms nennen will, ist aber nicht nur vom wissenschaftlichen Standpunkt aus geboten, sondern auch für den Arzt wichtig, der bei derartigen Fällen auf Grund seiner Erfahrung schnelle und wirksame Rettungsmaßnahmen zu treffen hat.

Ferner ist es heutzutage bei dem weitverzweigten Ausbau der sozialen Fürsorge und der dadurch bedingten engen Zusammenarbeit von Versicherungen und Berufsgenossenschaft mit dem Arzte nötig, durch eingehende Untersuchungen über den Unfall- und Todesmechanismus, eine gerechte Beurteilung der Ansprüche der Verletzten und Hinterbliebenen zu ermöglichen. Bei der Untersuchung über den plötzlichen Tod nach Berührung eines elektrischen Leiters erhebt sich eine Fülle von Fragen, die auch heute noch keine endgültige Antwort fanden.

Was ist eigentlich der elektrische Stromtod? Wie kann man das plötzliche Sterben eines Menschen nach Berührung mit der elektrischen Leitung erklären? Welche Eigenschaft der Elektrizität ist es, und wo im Körper setzt ihre vernichtende Wirkung ein? Wie kann man dieser Wirkung am sichersten begegnen, und welche Möglichkeiten ergeben sich, bei Unglücksfällen helfend einzugreifen?

Der Vorgang beim elektrischen Trauma ist meist folgender: Plötzlich, blitzartig überfällt die Elektrizität den doch meist unvorbereiteten Menschen und ruft durch ihre Gewalt Störungen im menschlichen Organismus hervor. Der Getroffene stößt einen Schrei aus, wirft die Arme in die Luft (falls er von der elektrischen Leitung loskommen kann) und sinkt im Augenblick der Berührung bewußtlos zu Boden. Diese schlagartige Wirkung beherrscht in den meisten Fällen das Bild. Es kommt auch vor, daß der Verunglückte noch um Hilfe rufen, einige Worte sprechen oder mehrere Schritte tun kann, bis er bewußtlos hinfällt. Manchmal macht er noch kurze Zeit einige keuchende Atemzüge, gibt aber dann keine Lebenszeichen mehr von sich. In seltenen Fällen treten Krämpfe, Zuckungen auf, so daß im Gegensatz zu der häufigeren Lähmung auch einmal ein starker Erregungszustand vorherrscht. Das Bild nach einem elektrischen Unglücksfall kann also verschiedene Formen annehmen.

Andererseits kann der Stromeintritt auch ohne schädliche Folgen ertragen werden. Viele von uns sind schon mit einem unter Spannung gesetzten Leiter, z. B. unserem Lichtstrom, in Berührung

gekommen und haben nur den kurzen Schmerz des Stromdurchganges verspürt, ohne sonst einen Schaden erlitten zu haben. Deshalb glaubte man anfangs, die Ursache der tödlichen Wirkung sei abhängig von der Höhe der Spannung und der Stärke des Stroms, der den menschlichen Körper trifft. Man sah die niedrigen Spannungen für ungefährlich an und glaubte nur an die Gefährlichkeit der Spannungen von 500 Volt und darüber.

Es erfolgten aber auch Todesfälle nach Berührung dieser Niederspannungen und bei geringerer Stärke als $^1/_{10}$ Ampere, eine Zahl, die zuerst als Grenzwert angenommen wurde. Je verbreiteter das elektrische Netz wurde, um so mehr häuften sich die Todesfälle, die nach Kontakt mit hoch- und niedergespannten Strömen eintraten, und desto unwahrscheinlicher wurde diese Theorie.

Einmal blieben die Menschen nach Berühren von Hochspannungsleitungen am Leben, erlitten aber mehr oder weniger starke Brandwunden, ein anderes Mal trat sofortiger Tod auf, bei Uebergang eines Stromes, dessen Spannung sogar unter oder wenig über 110 Volt lag und umgekehrt.

Um die Tatsache erklären zu können, daß der gleiche elektrische Strom den einen Menschen tötet, den anderen verschont, warum er für denselben Menschen einmal tragbar, ein anderes Mal tödlich ist, mußte man die Lehre aufgeben, die allein von der physikalischen Beschaffenheit des Stromes den tödlichen Ausgang abhängig machte. Mit weiterem Nachforschen drang mehr und mehr die Erkenntnis durch, daß die Vorgänge, die sich bei jeder Elektrisierung im Körperinnern abspielen, durch ein Zusammenwirken verschiedener Faktoren von jeweils wechselnder Größe bestimmt werden.

Man kann zwei große Gruppen solcher Faktoren aufstellen, die für die Wirkung des elektrischen Stromes bedeutungsvoll sind: einmal die außerhalb des Menschen liegende, die Milieu-Komponente, zum andern die in seiner seelischen körperlichen Verfassung liegende, die Psycho-physische Komponente.

Der äußere Eindruck, den ein tödlich Verunglückter zeigt, ist verschiedenartig. Auf dem Wege, den die Elektrizität durch den Körper nimmt, steht ihr der Widerstand der Haut des menschlichen Körpers entgegen, der zugleich der größte im ganzen Körper ist. Es erfolgt ein Spannungsausgleich, der mit Entwicklung von Wärme (Joulesches Gesetz) einhergeht. Bei besonders trockener Haut und hoher Spannung kommt es zur Funkenentladung oder es bildet sich ein Lichtbogen — Wirkungen, die von oberflächlichen Brandwunden zu ganz ausgedehnten Zerstörungen und Verkohlungen am Körper führen können.

Hingegen sind die Veränderungen und Schäden im Körper, an einzelnen Organen selten umfangreich. Sie sind sogar meist geringfügig und können unter Umständen vollkommen fehlen. Dies erklärt auch die Tatsache, warum die Sektion bei Aufdeckung der Todes-

ursache versagt. Hier nimmt der tödliche elektrische Unfall eine Sonderstellung ein. Bei jedem anderen tödlichen Unfall, mag es ein Sturz von einem hohen Gerüst sein, mag er durch Herausreißen eines Armes durch den Treibriemen einer Maschine bedingt sein, liegt ein Vergiftungstod vor oder ist es ein Tod durch Erschießen, immer läßt sich eine Beziehung zwischen einwirkender Schädlichkeit und der körperlichen Schädigung herstellen und damit die Todesursache ermitteln.

Ist aber jemand vom elektrischen Strom tödlich getroffen, so kann hinterher niemand sicher aussagen, wo dieser im Körper den todbringenden Schaden gesetzt hat. Bei den einzelnen Obduktionsbefunden wechselt das pathologisch-anatomische Bild, das eine oder andere Organ ist bald mehr, bald weniger getroffen, aber nie sind makroskopisch oder mikroskopisch so beträchtliche organische Veränderungen vorhanden, daß aus deren Ausmaß und Lokalisation eindeutig auf die Todesursache geschlossen werden kann.

Die Möglichkeit, experimentell diese Vorgänge zu erforschen, ist sehr beschränkt. Versuche leiden unter dem Nachteil, daß sie sich nur an Tieren ausführen lassen, die gegenüber der Elektrizität möglicherweise eine ganz andere Reaktionsbreite besitzen. Denn die verschiedenen Tierarten zeigen schon eine von einander abweichende Empfindlichkeit und Reaktion dem elektrischen Strom gegenüber. Vor allem aber werden durch die erforderlichen Vorbereitungen die Bedingungen körperlicher und psychischer Art gegenüber der Norm ungemein verändert. Aber gerade das sind die Faktoren, die für den Ausgang eines elektrischen Unfalles von hervorragender Bedeutung sind, was in folgendem noch ausführlicher dargelegt wird. So sind die Versuche denn auch starker Kritik ausgesetzt und ihre Ergebnisse lassen sich nicht vorbehaltlos verallgemeinern.

Alle Ansichten und Behauptungen über die Ursache des Stromtodes stützen sich somit auf Mutmaßungen. Es ist daher nicht verwunderlich, wenn die verschiedenen Meinungen von einander abweichen. Es haben heute drei Theorien allgemeine Bedeutung gefunden; welcher von ihnen der Vorrang zuzuerkennen sei, steht noch dahin. Es sind dies folgende:

1. Der Stromtod entsteht durch Wirkung der Elektrizität aufs Herz,
2. der Stromtod ist durch die Wirkung der Elektrizität aufs Gehirn bedingt,
3. der Stromtod ist in Wirklichkeit nur ein Scheintod.

Die erste Theorie ist im Jahre 1899 von Prévost und Batelli aus dem Ergebnis von Tierversuchen aufgestellt worden. Sie ist zugleich die älteste. In Deutschland hat sich zuerst Bourut-tau, der ähnliche Versuche anstellte und das gleiche Resultat erzielte, für diese Theorie eingesetzt und sie zu allgemeiner Kenntnis gebracht. Diese Lehre, daß der elektrische Tod durch Herzkammer-

flimmern eintritt, hat bei der Mehrzahl der Aerzte Anerkennung gefunden und ist auch in Laienkreisen sehr verbreitet.

Da man anfangs keine Veränderungen bei der Sektion fand oder diese nur geringfügiger Art waren und jedesmal an verschiedenen Organen auftreten konnten, aber niemals so groß, um den Tod zu bewirken, glaubte man, für den tödlichen Ausgang nach einer Elektrisierung den Vorgang folgendermaßen erklären zu sollen:

Auf dem Wege der Elektrizität durch den Körper trifft die von ihr ausgehende Erregung als plötzlichen, gewaltsamen Reiz das Herz und stört es in seiner für das Leben notwendigen Funktion als Motor. Und zwar tritt als Zeichen dieser funktionellen Störung oder einer im Reizleitungssystem gesetzten Schädigung eine Ueberleitungsstörung auf. Die Kammern beginnen plötzlich zu flimmern (was fibrillären Zuckungen der Kammermuskulatur gleichkommt) und nehmen ihre koordinierte Tätigkeit nicht wieder auf, während die Vorhöfe zunächst weiterschlagen. Begünstigt wird dieser Zustand durch erhöhte Erregbarkeit der Herznerven (Vagus und Accelerans), deren gleichzeitige Erregung das Herz besonders zum Flimmern bereit setzt. Der Enderfolg ist ein Herzstillstand.

Einige Autoren, Langworthy, Naville und Morsier Ziemke u. a. m., machen für die Herbeiführung des Todes den schädlichen Einfluß der Elektrizität auf das Zentralnervensystem verantwortlich. Es braucht die Veränderung nicht immer an derselben Stelle lokalisiert zu sein, sondern nach dem Zustandsbild, das der Verunglückte jeweils bietet, soll eine entsprechende Gegend im Gehirn pathologisch verändert sein. Ist der Verunglückte nach dem Kontakt momentan und lautlos umgesunken, so sieht man in diesem, einem Koma ähnlichen Zustand, den Ausdruck einer allgemeinen Gehirnlähmung. Stehen die Zeichen einer starken Erregung — Krämpfe, Konvulsionen, Delirien — im Vordergrund, so soll das die Folge einer Blockierung der Hirnstammzentren sein (Langworthy). Ein anderes tödliches Moment soll in einer besonderen Wirkung der Elektrizität auf die Medulla oblongata speziell auf das Atemzentrum bestehen. Die Betroffenen weisen die Symptome einer Atemlähmung auf. Der Tod tritt durch Erstickung ein.

Grundsätzlich verschieden von diesen beiden Theorien ist die Jellineks. Sein großes Verdienst ist es, erst die Grundlage für ein erfolgreiches Rettungswesen geschaffen und dessen Ausbau weitgehend gefördert zu haben.

Denn anfänglich war es so, daß die Personen, die mit dem elektrischen Strom in Berührung gekommen waren und wie tot dalagen, ihrem Schicksal überlassen wurden. Aus der anscheinenden Leblosigkeit und der Unempfindlichkeit der Verunglückten Reizen gegenüber, schloß man auf Tod.

Jellinek behauptete, jeder elektrische Tod sei in Wirklichkeit nur ein Scheintod, und durch sofortige und ausgiebige, oft über

Stunden dauernde künstliche Atmung sei es möglich, die betreffenden ins Leben zurückzurufen. In vielen Fällen war diese Maßnahme auch von Erfolg begleitet. Jellinek bezweifelt, daß bei einem Todesfall nach Stromübergang dieser Tod durch die Elektrizität direkt hervorgerufen werden kann. Er bestreitet also, daß ein einfacher Kausalzusammenhang, eine direkte Folge von Ursache und Wirkung mit dem Tod als Enderfolg besteht. Er sieht in dem elektrischen Trauma einen allerdings noch unbekannten Eingriff in den Ablauf der organischen Funktionen des Menschen und legt das Hauptgewicht auf die funktionellen Störungen. Jellinek nahm als wichtigste Funktionsstörung eine durch den tetanischen Krampf der Atemmuskulatur bedingte Atemlähmung an und empfahl zur Behebung dieser Störung, wie oben angeführt, die künstliche Atmung. Wo die Erfolglosigkeit der Wiederbelebungsversuche seiner Theorie vom elektrischen Scheintod zu widersprechen scheint, gibt er als Erklärung dieser Unstimmigkeit an, daß der zwischen dem Unfall und dem Beginn der Wiederbelebungsversuche verflossene Zeitraum für den Verunglückten zu groß gewesen sein muß. „Denn von den individuellen und äußeren Umständen werde es abhängen, ob die Verfallsfrist an den Tod nur wenige Sekunden oder viele Minuten dauert."

Eine einheitliche und klare Lösung des Problems „Tod durch den elektrischen Strom" ließ sich also bisher nicht erbringen. Genau so wie die Elektrizität eine geheimnisvolle, in ihrem ureigenen Wesen noch immer unerkannte Kraft ist, genau so ist ihre Auswirkung im Körper ungeklärt, bleibt die Frage nach der eigentlichen Todesursache unbeantwortet. Welche der drei Theorien einmal Allgemeingültigkeit haben wird, ist noch nicht erwiesen. Es ist überhaupt fraglich, ob sich der ganze Symptomenkomplex des Stromtodes auf eine einzige Todesursache zurückführen lassen kann. Die Aufgabe dieser Arbeit ist es nicht, durch Bearbeitung des vorliegenden Materials in einer bestimmten Richtung den Beweis für die größere Wahrscheinlichkeit einer der Theorien zu führen. Ihr Sinn ist vielmehr der: welche Umstände und welche pathologischen Veränderungen hat der Gerichtsarzt bei seinem Urteil über einen elektrischen Todesfall zu berücksichtigen.

Die Aufgabe des Gerichtsarztes ist es, bei einem Unfall den **ursächlichen Zusammenhang** aufzudecken. Somit ist es für ihn von Wichtigkeit, bei einem behaupteten elektrischen Unfall zuerst den Kontakt des Verunglückten mit dem elektrischen Strom nachzuweisen. Meist liegt der Sachverhalt bei derartigen Unfällen offen zutage. Der Verunglückte hat sich noch im Stromkreise befunden; in vielen Fällen sind Augenzeugen und Mitbeteiligte vorhanden, deren Aussagen die Annahme eines Todesfalles nach elektrischem Trauma nahe legen. Durch den Nachweis bestimmter Veränderungen am Unfallsort kann man aber auch den Beweis dafür führen. Diese elektrischen Spuren zeigen sich nicht nur als Verletzungen und

Schäden am menschlichen **Körper,** sondern es lassen sich auch eigenartige Veränderungen und Zerstörungen an der Bekleidung, am Schuhwerk oder an dem elektrischen Leiter und ähnlichem mehr feststellen.

In umfassender Weise hat Jellinek dieses Gebiet in seiner „Spurenkunde der Elektrizität" bearbeitet; die wichtigsten Anzeichen seien aber hier hervorgehoben. Man muß bei dieser Untersuchung die Schäden, die durch die Wärmebildung entstehen, von denen unterscheiden, die nur der dynamischen Kraft der Elektrizität zuzuschreiben sind.

In die **Kleidungsstücke** sind durch die starke Hitze regelrechte Löcher hineingebrannt, die mit ihren bräunlichen oder verkohlten Rändern so auffallend sind, daß man sie kaum übersehen kann. Die Teile, die an der Stromeintrittsstelle liegen, können zum größten Teil völlig verbrannt sein. Daneben gibt es Defekte von unbestimmter Figur, die aber auch deutliche Brandwirkungen aufweisen. An Metallteilen, die unter der Einwirkung der Elektrizität gestanden haben, treten Schmelzspuren auf, so z. B. an den Schuhnägeln oder an Werkzeugen, mit denen der Verunglückte gerade gearbeitet hat. Die Veränderungen, für deren Formgebung und Beschaffenheit nur die mechanisch-dynamische Wirkung der Elektrizität in Frage kommt, haben ein anderes Aussehen. Schon früher hatte man den Vorgang beobachtet, daß den Menschen, die vom Blitz getroffen wurden, durch die ungeheure Gewalt die Kleider vom Leibe gerissen und zerfetzt wurden, auch ohne daß der Körper ernstlichen Schaden erlitt. Die technische Elektrizität ist ebenfalls imstande, erhebliche Zerreißungen an Kleidungsstücken zu bewirken.

Aber die Fälle, wo grobe Risse und beträchtliche Kontinuitätstrennungen vorkommen, sind verhältnismäßig selten. Häufiger kann man auf den ersten Blick keine Elektrizitätsspuren feststellen. Trotzdem können kleine schadhafte Stellen vorhanden sein, nicht größer als solche, die man mit Stecknadeln erzeugen kann. Es ist dabei schon nötig, gemäß der Forderung Jellineks, alle Gegenstände, die solch geringfügiger Schäden verdächtig sind, unter der Lupe oder dem Mikroskop und nicht nur im auffallenden, sondern auch im durchscheinenden Licht zu untersuchen. Man kann dann vereinzelte verschieden große Löcher oder zahlreiche siebförmige Durchlöcherungen im Gewebe erkennen. Man sieht aber, daß die Gewebsfäden nicht wie bei Brandwirkung oder durch chemische Lösung zerstört erscheinen, sondern in einzelnen Gewebsteilen sind sie mehr zusammengeschoben, in anderen aufgelockert oder aufgefasert. Aehnliche Löcher und Risse ohne jede chemische, thermische Nebenwirkung bringt die dynamische Kraft der Elektrizität auch an den Schuhen hervor, während sie sich an metallenen Gegenständen mehr in Form von Verbeulung und bizarren Verbiegungen auswirkt.

So wechselvoll und mannigfaltig diese Bilder auch sind, so glaubt man in ihnen doch den Ausdruck der elektrischen Kraft zu erkennen. Man macht nach der jeweilig auftretenden Erscheinungsform eine Stich- und Zugwirkung oder eine Drehbewegung der Elektrizität verantwortlich.

Diese Elektrizitätsspuren können trotz eifrigem Forschen unauffindbar bleiben. Dann fehlen aber äußerst selten die typischen Erscheinungen an der **Haut,** die ebenfalls durch die Einwirkung der Elektrizität entstehen. Es sind dies, wie oben schon erwähnt, Brandwirkungen ersten, zweiten und dritten Grades — die sich aber in nichts von den gewöhnlichen Brandwunden, von der Flamme erzeugt, unterscheiden —, bis zu den schwersten Zerstörungen von Weichteilen und Knochen, so daß oft eine ganze Extremität abgesetzt sein kann. Diese Veränderungen werden aber meistens nur nach Starkstrom- und Hochspannungs-Unfällen beobachtet.

In der Regel tritt aber eine Hautveränderung auf, die charakteristisch für die Berührung mit dem elektrischen Strom ist und die auf der thermisch-elektrolytischen Wirkung der Elektrizität in der Haut beruht, die **elektrische Strommarke.** Am häufigsten findet man sie nach Berührung von niedergespannten Strömen, da sie bei Hochspannungsunfällen meist durch die schweren Verbrennungen verdeckt ist. Es ist wieder das Verdienst von Jellinek, sie als erster erkannt und beschrieben zu haben. Später unternahmen noch Mieremet, Schridde, Beekmann, Strassmann Versuche an der Leiche. Sie konnten auch da noch die Strommarke durch Elektrisierung künstlich erzeugen und bestätigten somit ihre elektrische Natur.

Die Strommarke zeigt in ihrer eigentümlichen Form eine runde, weißliche, verhärtete, erhabene Stelle der Oberhaut an, die vollkommen schmerzlos ist. Ihre Umgebung ist nicht oder nur gering gerötet, es fehlen im Gegensatz zur Hautverbrennung die reaktiven Vorgänge des Gewebes, also Hyperämie der Umgebungsgefäße, Sekretion oder Eiterung. Sie heilt nach sechs bis acht Tagen nach Art einer aseptischen Nekrose meist ohne Narbe ab. Die Strommarke kann aber auch nieren-, rosettenförmig, elliptisch oder linear gestaltet sein. Für gewöhnlich wird sie in ihrem Aussehen durch den berührten Leiter maßgeblich beeinflußt, aber auch andere Faktoren des elektrischen Unfalles, wie Stromstärke, Stromspannung, Dauer der Einwirkung, der Zustand der Oberhaut, wirken bei ihrer Formgebung mit.

Man muß dabei gemäß der Stromein- und austrittsstelle einen positiven und einen negativen Pol unterscheiden. Rein äußerlich schon dadurch erkenntlich, daß die Erscheinungen am negativen Pol einen viel geringeren Grad aufweisen. Am positiven Pol findet man bei stärkerem Feuchtigkeitsgehalt der Haut bläschenartige Erhebungen, die schnell eintrocknen. Die veränderte Hautstelle zeigt erhabene

Ränder, die sich derb anfühlen, während die Mitte eingesunken ist. Die Farbe kann gelblich, grau, grauweißlich oder schmutziggrau sein, manchmal kann auch ein grünlicher Hof auftreten, der durch die Elektrolyse des Kupfers als Kupferniederschlag bedingt ist. Durch den histo-chemischen Nachweis von Schrader läßt sich das Cu nachweisen. Dieser Niederschlag kommt nur bei genügend langer Einwirkung des Stromes zustande. Die Strommarke verliert bei sehr trockener Haut und langdauernder Einwirkung ihre typische Form. Die Veränderungen bekommen mehr den Charakter von Brandwunden in Form kraterförmiger Defekte mit verkohlten Rändern, in seltenen Fällen reicht ein tiefer Gang in die Haut, gerade oder abgewinkelt, der einem Schußkanal ähnelt.

Eine längere Stromdurchleitung ist erforderlich, damit es am negativen Pol überhaupt zu Hauterscheinungen kommt. Diese bleiben immer bläschenförmig. Brandwirkungen oder kraterförmige Defekte haben sich nicht nachweisen lassen, auch nicht bei experimentellen Versuchen an der Leiche (Schridde).

Die mikroskopischen Veränderungen sowohl am positiven wie am negativen Pol sind für die Strommarken charakteristisch. Die oberste Epidermisschicht ist homogenisiert, in der Horn- und Keimschicht bemerkt man zahlreiche Hohlräume (Hitzwabenbildungen, von Schridde) und pallisadenförmige Zellverlängerungen in den tiefsten Schichten der Epidermis am Uebergang in die Lederhaut. Die Hohlräume entstehen durch die Verdampfung der Gewebsflüssigkeit. Die Zellen der Keimschicht heben sich von der Lederhaut ab, entweder in ihrer Gesamtheit oder einzelne Keimzelleninseln bleiben noch an ihr haften. Die Lederhaut kann ebenfalls verändert sein. Sie zeigt nicht mehr ihren faserigen Verlauf, sondern weist ein dichtes kompaktes Aussehen auf, das sich besonders stark mit Eosin färbt (Schmelzungszone von Schridde). Häufig treten ausgedehntere Blutungen unter der Strommarke in der Lederhaut auf. Die Erscheinungen am negativen Pol sind geringfügiger. Mikroskopisch findet man zum Unterschied vom positiven Pol Durchsiebungen (Schridde) und Lichtungsbezirke (Schrader).

Auffällig ist weiter, daß bei niedergespannten Strömen **Haarveränderungen** im Bereiche der Strommarke vermißt werden. Nach Ziemke leiten die Haare den Strom nicht. Treten Haarveränderungen auf, so spricht das für einen Funkenübersprung, was in der Regel nur bei Hochspannungsfällen eintritt. Die Haare weisen dann Einknickungen am Schaft, geringfügige Verbreiterung oder Lufteinlagerung auf. Die Kerne und Zellen der Haarwurzelscheiden und der Haarbalgdrüsen sind verlängert.

Für den gerichtlichen Begutachter gilt die Strommarke als Beweis für eine Stromüberleitung. Allerdings lassen sich der Strommarke ganz ähnliche Bilder durch Berührung der Haut mit einem glühenden Metallstab erzeugen. Die Erscheinungen sind aber dann

meist stärker ausgebildet, es besteht ein bräunlicher Hof oder Verkohlung mit starker Schmelzung des unterliegenden Gewebes. Auch fehlt dann der bei Elektrisierung häufig nachweisbare Cu-Nachweis von Schrader. Es bleibt jedoch die Bedeutung der Strommarke als Beweis einer Elektrizitätswirkung bestehen, da sich eine Berührung mit glühenden Metallteilen bei einer Prüfung der Unfallverhältnisse leicht von vornherein ausschließen läßt. Das Vorhandensein einer vorgenannten Veränderung rechtfertigt die Annahme eines Kontaktes mit dem elektrischen Strom, aber man darf auch nicht das Fehlen eines jeglichen Merkmales als Gegenbeweis auslegen. Denn nach Trembur hat man Fälle beobachtet, wo bei sicherem Kontakt weder an der Haut noch an der Schleimhaut Veränderungen nachweisbar waren, die den Uebergang des elektrischen Stromes gekennzeichnet hätten, wie das z. B. bei sehr feuchter Haut und nassen Kleidern der Fall sein kann. „Es können sich die Hautveränderungen erst Tage später nach dem Unfall entwickeln bei sicherem Kontakt, was bei Todesfällen von Wichtigkeit ist."

Kennzeichnend für die Lehre von der tödlichen Wirkung des elektrischen Stromes ist die Tatsache, daß von den aufgestellten Theorien zwei weniger auf den anatomischen Veränderungen fußen, sondern bei dem ganzen Komplex der Auswirkungen und Erscheinungen durch den elektrischen Strom die Störungen der physiologischen Funktionen im menschlichen Organismus in den Vordergrund stellen. Die dritte Theorie, die den elektrischen Tod als einen Gehirntod hinstellt, sieht einmal bei der allgemeinen Gehirnlähmung die Möglichkeit einer funktionellen Störung vor, des anderen will sie aber bei einem Todesfall als Ursache nur eine pathologisch-anatomische Veränderung bestimmter Gehirngebiete anerkennen. Jellinek geht aber soweit, daß er der Obduktion und ihren Befunden aus prinzipiellen Erwägungen heraus nur eine untergeordnete Rolle beimißt. Die Gewebsschädigungen sollen nach seiner Meinung nur eine Begleiterscheinung der funktionellen Störung, ihrer Entstehung nach mehr sekundärer als primärer Art sein. Diese funktionellen Störungen sollen „als Ergebnis einer fortschreitenden Drehbewegung zustande kommen, durch welche die denkbar kleinsten Teile unserer Organzellen in eine Art ultramolekuläre Erschütterung und allerfeinsten Bebens versetzt werden." Wenn diese Erschütterungen und feinen Schwingungen in unseren Zellen eine gewisse Grenze, die Jellinek das Elastizitätsmaximum nennt, nicht überschreiten, hat unser Organismus die Fähigkeit, bei entsprechenden Maßnahmen die Gleichgewichtslage bald schneller, bald langsamer wieder einzunehmen.

Wenn auch heute die Obduktion bei einem Stromtod die Ursache nicht erklärt, so ist doch zu fordern, jeden derartigen Fall zu sezieren. Die Ergebnisse einer einzelnen Sektion mögen gering sein, so kann doch die Uebersicht über eine große Anzahl von

Sektionen einen lehrreichen Einblick gewähren in immer wiederkehrende oder auch seltene spezifische pathologische Veränderungen, die einmal direkt oder indirekt als Stütze der anerkannten Theorien dienen, zum anderen aber die medizinische Wissenschaft um wertvolle Erkenntnisse bereichern.

Welches ist nun das Bild der pathologisch-anatomischen Veränderungen, das sich bei der Sektion gewöhnlich bietet. Folgende Fälle zeigen das in charakteristischer Weise:

Fall 1.

Ein 23jähriger Arbeiter erhielt beim Ableuchten eines Kessels einen Schlag von einer tragbaren elektrischen Glühlampe, deren Fassung unter Spannung 120 Volt geraten war. Er schrie plötzlich laut auf und fiel tot hin.

Obduktionsbefund:

Gesicht cyanotisch. Petechien am oberen Rücken. Hyperaemie der Hirnhäute, besonders der Dura.
Herz: Lunge: stark hyperaemisch ohne erhebliches Oedem, schwer, groß, von schwarzroter Farbe, da die Lungengefäße viel Blut enthalten.
Milz: vergrößert. Darm: blutreich.

Fall 2.

Der 35jährige Monteur berührte einen Transformator von 5000 Volt, schrie auf, fiel hin und starb.

Obduktionsbefund:

Auf der Haut des linken Vorderarmes eine 5 : 2 cm große, braunrote, trockene Stelle. Auf dem Ellbogen ein 1,5 : 1,3 cm großer, scwarzroter Fleck mit blutiger Tränkung des Zellgewebes. Hirnhaut: sehr blaß, starkes Oedem der Pia an der Konvexität, nicht an der Basis. Starke Füllung der Arterien an der Basis, auffällige Leere der Piavenen, 25 cm lange Blutung in der Pia und am rechten Schläfenlappen.
Hirn: blutarm, in den Seitenventrikeln ½ ccm flüssiges Blut.
Thorax: Pleuritische Verwachsungen; sonst o. B.

Fall 3.

Der 16jährige Arbeiter H. hatte wie schon öfters, um sich zu elektrisieren, den Ableitungsdraht einer 500 Voltleitung angefaßt. Da er aber diesmal bei regnerischem Wetter nasse Füße und genagelte Schuhe hatte, kam er nicht vom Drahte los und mußte diesen

Leichtsinn mit dem Leben büßen. Bei Ausschaltung des Stromes lebte er noch, starb aber trotz der Wiederbelebungsversuche.

Obduktionsbefund:

Kopf: blaß. Hirn: blutarm.
Lunge: mäßiges Oedem, pleuritische Verwachsungen beiderseits. Herz: schlaff, Kranzadern prall gefüllt, an der linken Herzwand eine Gruppe mohnkorngroßer Petechien. 50 ccm flüssiges Blut.
Herzfleisch: trübe, braunrot, weich.
Trachea: bis zur Mitte mit Mageninhalt angefüllt.
Milz, Leber, Nieren: blutreich.

Fall 4.

Ein 38jähriger Arbeiter bekam von der Fassung einer Lampe 220 Volt einen Stromschlag und starb.

Obduktionsbefund:

Am linken Zeigefinger eine Strommarke; ein 6 mm großer kreisrunder Fleck, die Oberhaut beetartig erhoben, in der Mitte eingesunken.
Rückenmark: Rinde braunrot, im Mark zahlreiche rasch zerfließende Blutpunkte.
Lunge: enthält reichlich schaumige, graurötliche Flüssigkeit.
Herz: im rechten Vorhof, in den zu- und abführenden Gefäßen flüssiges Blut.
Niere, Milz: blutreich.

Fall 5.

Tod eines Arbeiters durch Hochspannung. Sch. war beim Reinigen einer Hochspannungszelle beschäftigt. Dabei muß er einen Schlag erhalten haben und von der Leiter gestürzt sein, unter der er tot aufgefunden wurde.

Obduktionsbefund:

An der linken Hand eine, an der rechten Hand drei Strommarken. An der Innenseite des rechten Oberarms und in der Ellenbeuge Blutaustritt 2—4 mm, desgleichen in der linken Achselhöhle und an der Innenfläche des linken Oberarms. Am Rücken mehrere Gruppen von Hautblutungen von blauschwarzer Farbe, die bei Einschnitt bis in die Lederhaut reichen.
Gehirn: im Mark zahlreiche, zerfließende Blutpunkte.
Lunge: Beide Oberlappen mit der Rippenwand verwachsen, sehr blutreich, sonst o. B.

Ein weiterer Fall ist von W a c h h o l z beschrieben worden, der aufzeigt, welche entscheidende Bedeutung einer Strommarke zukommen kann.

Ein Lehrling arbeitete an einem Schraubstock unter einer Glühlampe. Plötzlich stürzte er mit einem Aufschrei zusammen und starb, nachdem er noch 10 Minuten keuchend geatmet hatte.

Sektion ergab an der Stirn 2 kaum sichtbare, livide Hautverfärbungen. Von dem Obduzenten wurde zuerst an eine Vergiftung gedacht, da eine Stauungshyperaemie der Magenschleimhaut im Sinne einer Verätzung deutete. In Wirklichkeit handelte es sich um einen Stromtod, dadurch, daß der Lehrling, der auf feuchtem Boden stand, mit der Stirn die stromführende Metallfassung der Glühlampe berührt hatte. Die Strommarken waren klein und unscheinbar.

Es sollen hier noch 2 weitere Befunde wiedergegeben werden, die von N e u r e i t e r erhoben worden sind und auch durch ihre Geringfügigkeit auffallen.

Ein 43jähriger Anstreicher suchte, als die Leiter, auf der er stand, zu wanken begann, Halt an 3 elektrischen Zuleitungsdrähten 110 Volt. Er konnte trotz des Stromschlages sich noch an der Leiter zu Boden lassen, fiel dann aber bewußtlos um, atmete noch geringe Zeit und verstarb.

Obduktionsbefund:

Die linke Lunge mit dem Zwerchfell verwachsen, beide Lungen schwer und groß, Oedem: von der Schnittfläche fließt reichlich schaumige Flüssigkeit ab. Strommarke an der linken Hand, sonst o. B.

Ein 19jähriger Mann kam beim Versuch, eine brennende elektrische Birne aus einer Lampe 220 Volt herauszuschrauben zu Tode. Die Birne platzte ihm in in seiner Hand. Er schrie auf und fiel von Krämpfen geschüttelt, bewußtlos zu Boden. Man legte den noch Atmenden auf ein Bett und stellte bis zum Auftreten der Totenflecke Wiederbelebungsversuche an.

Befund:

Stromübergang an der rechten Hand durch zahlreiche Strommarken bewiesen, sonst o. B.

Die Art der pathologischen Veränderungen der angeführten wie in der Mehrzahl der überhaupt veröffentlichten ist nicht sehr schwerwiegend. Die Erscheinungen zeigen eine große Vielseitigkeit, kön-

nen aber bei jeder Sektion wechseln. Zusammengefaßt ergeben als die häufigsten der durch die Elektrizität hervorgerufenen Veränderungen, die durchschnittlich gefunden und von allen Seiten übereinstimmend immer wieder beschrieben werden, folgende:

Aeußerlich:

Die Totenstarre tritt schnell ein. An der Haut charakteristische Strommarken oder Mischformen, Hautverbrennungen von verschiedener Stärke, Form und Ausdehnung bis zu tiefgreifenden Weichteilzerstörungen; daneben eventuell Haarveränderungen im Sinne einer Versengung. Ein sogenanntes elektrisches Hautoedem, das nach Jaeger auf einer Thrombose, nach Haberda-Jellinek, auf einer lokalen Gefäßparalyse, nach Pietrusky auf einem Gefäßpasmus beruhen soll.

Punktförmige Petechien, häufig in Gelenkbeugen, an den Augenlidern und der Augenbindehaut. Umschriebene, auffallend blasse oft kreisförmige, ischaemische Hautstellen, die sich kühl anfühlen.

Innerlich:

Das Blut ist flüssig und von dunkler Farbe. Im Vordergrunde stehen punktförmige Haemorrhagien der Meningen, der Pleura, des Peri-Myo-Endocards, des Gehirns und des Rückenmarks, der Lunge, der Nieren und der Muskulatur.

Größere Blutungen kommen vor im Gehirn, in der Lunge (Lungenblutungen — blutiger Auswurf) in die Glomeruli der Nieren und in die Muskulatur, besonders am Iliospoas und der Glutaealmuskulatur beobachtet. Blutreiche Organe infolge Stauungshyperaemie, namentlich Gehirn und Rückenmark, Lunge, Leber, Milz, Niere, Magen.

Beachtlich sind auch die Lungenbefunde. Diese sind meist nicht kollabiert. Infolge der starken intrapulmonalen Drucksteigerung kommt es zu Lungenblähung und Aloelareinrissen, die die Lungenblutungen verursachen; es entsteht das sogenannte elektrogene Lungenemphysem. Hierbei ist zu bemerken, daß man solch einen Lungenbefund auch bei jeder Erstickung finden kann.

Auffallend sind die zahlreichen Blutaustritte in das perivasculäre Gewebe oder in vorgebildete Hohlräume aus Arterien, Venen und Kapillaren. Sie weisen darauf hin, daß mit der Einwirkung der Elektrizität die Gefäße besonders leiden müssen. Für eine starke Belastung derselben spricht auch der Umstand, daß das Blut der beste Leiter im menschlichen Körper ist.

Wahrscheinlich ist nach allgemeiner Annahme, daß die Gefäße durch den elektrischen Strom nicht bloß stark gereizt, sondern auch geschädigt werden. Die lokalen oder ausgedehnten Gefäßpasmen und -paralysen haben neben sich Schädigungen der Gefäßwand, die die erhöhte Durchlässigkeit bedingen und die Ursache der Blutaustritte und Thrombosen sind.

Pietrusky konnte unter dem Mikroskop bei lebender Bauchhaut und Peritoneum eines Meerschweinchens bei Durchleitung eines Stromes von 220 Volt beobachten, daß die Venen sich an einer Stelle extrem verengten, so daß kein Blut mehr durchfließen konnte. Auch nach Ausschalten des Stromes ließ die Verengerung nicht gleich nach. Makroskopisch fiel auf, daß die Gefäßwände sehr starr und brüchig waren.

Mikroskopisch liegen genaue Untersuchungen von Martin, Couvert und Dechaume vor, die nach einem Starkstromunfall eine histologische Untersuchung über die Veränderungen der Arteria tibialis antica und postica vornahmen. Es handelte sich um einen Unfall mit einem 10 000 Voltstrom, der so starke Zerstörungen und Nekrosen am linken Fuß und rechten Vorderarm verursachte, daß deren Amputation notwendig wurde. Auffallend war ferner, daß sich aus strommarkenähnlich veränderten Hautstellen tiefe Ulcera bildeten, daß rote Phlyktänen, Haemorrhagien wechselnd mit leichenblassen Hautstellen auftraten.

Befund:

Das Lumen ist vollständig frei ohne Thrombus. Die Intima fast normal mit leichten Fibrinausscheidungen. Die Media erscheint zunächst auch so, aber in einzelnen Segmenten haben die Muskelzellen die Kerne verloren und ihre Färbbarkeit eingebüßt. In diesen Bezirken ist das Bindegewebe verdickt, die Muskelfasern verschwinden und an ihre Stelle tritt amorphes, kollagenes Gewebe. Im perivasculären Gewebe und in den Venen keine Veränderungen, in den Vasa vasorum geringe Veränderungen ähnlich denen der Arterien. Dieselben Veränderungen und in viel stärkerem Maße finden sich in den Abschnitten der Gefäße, in deren Umgebung sich bereits die Nekrose der Weichteile ausgebildet hatte. Stellenweise Thromben in den Arterien und Verengerungen in den Lumina derselben. Die elastische Schicht zeigt hochgradige Veränderungen, die elastischen Fasern sind aufgesplittert, stellenweise vollständig unterbrochen durch amorphe kernlose, wenig färbbare Massen, in deren Umgebung auch die Muskulatur der Gefäße Degenerationserscheinungen zeigt. Diese Veränderungen der elastischen Schicht verengern allmählich das Lumen, ohne jedoch das Endothel irgendwie zu schädigen. Auffallend ist das Fehlen aller entzündlichen Reaktionen in der Umgebung der veränderten Gefäßbezirke.

Die primäre Anaemie wird in diesem Falle auf streng lokalisierte Gefäßpasmen zurückgeführt, da es einige Tage dauert, bis sich die Luminaverengerungen ausgebildet haben.

Auch das Blut selbst wird durch den elektrischen Strom in seiner Beschaffenheit ungünstig beeinflußt. Kawamura beobachtete, daß das Blut in den Gefäßen in homogene Massen umgewandelt war. Pietrusky konnte dies für sehr kleine Gefäße im Gehirn, im Herzen und in den Nieren bestätigen.

Es ist durchaus vorstellbar, daß eine pathologische Gefäßveränderung zusammen mit einer Zustandsänderung des Blutes in so lebenswichtigen Zentren, wie sie das Herz und das Gehirn darstellen, einen derartigen Schaden setzen kann, daß die resultierenden Ausfallserscheinungen den Tod bewirken können. Denkbar ist ferner, daß ein spastischer oder thrombotischer Verschluß einer Coronararterie Herzkammerflimmern zur Folge hat (Bouruttau).

Blutungsherde, im Herzen innerhalb des Reizleitungssystems gelegen, die durch diese Gefäß- und Blutveränderungen hervorgerufen werden, wären demnach sehr wohl imstande, Herzkammerflimmern oder eine andere unregelmäßige Herztätigkeit auszulösen.

Damit steigt die Bedeutung der Blutungsherde in der Herzmuskulatur, die Pietrusky bei zwei Männern, die durch Berührung einer 220-Volt-Leitung (einmal Gleich-, einmal Wechselstrom) umgekommen waren, feststellen konnte. Er fand im Bereich der unteren Ansatzstelle der hinteren Aortenklappe Blutungen von Linsengröße, die als braunrote Flecke unter dem Endokard hervorschimmerten.

Mikroskopisch zusammengeflossene Muskelzüge, ein Fehlen jeglicher Struktur und Körnelung in dem betreffenden Bezirk, gequollene Kerne. Pietrusky nannte diese Veränderungen Colliquationsnekrose und konnte sie auch experimentell erzeugen.

Die Untersuchung der Herzen von vier Meerschweinchen, die er durch einen Strom von 220 Volt (Rachen - Rectumapplikation) getötet hatte, zeigte folgenden Befund.

Makroskopisch: In zwei Fällen an der Herzspitze 3 : 1 cm lange, braunrote Blutungsherde unter dem Epikard, das an dieser Stelle einen winzigen Defekt aufwies. In den beiden anderen Herzen fand er eine Veränderung, die der Strommarke der Haut sehr ähnlich war. An der Herzspitze war eine streifenförmige, derbe, grauweiße Erhebung sichtbar, die in der Mitte eingesunken war.

Mikroskopisch entsprachen die grauweißen Erhebungen größeren Hohlräumen in der Muskulatur, die Serum und Blutkörperchen enthielten. In der Herzkammerwandung zeigten die Muskelfasern zackige Einrisse.

Kawamura, Gubler, Jellinek geben an, in wenigen Fällen ähnliche Befunde erhoben zu haben, und zwar: Blutungsherde, spaltförmige Kontinuitätstrennungen in der Muskulatur, quere und gerade Risse durch die Muskelfibrillen. An einzelnen Stellen fehlende Querstreifung der Muskulatur, schollige Struktur des Protoplasmas. Soweit die pathologischen Veränderungen am Herzen.

Hier ist auch der Platz, drei Unfälle anzuführen, bei denen die Verunfallten sofort in eine Klinik eingeliefert wurden und wo mit dem Kardiographen eine unregelmäßige Herztätigkeit registriert werden konnte.

1. Fall.

Ein Fuhrwerk kam mit einem herabhängenden Draht einer 220-Volt-Leitung in Berührung. Beide Pferde wurden erschlagen. Der Kutscher, der die Pferde befreien wollte, erhielt auch einen Schlag und blieb am Draht hängen. Nach Befreiung brach er sofort zusammen und war 20 Minuten bewußtlos, hinterher sehr erregt.

Befund:

Vorhofserweiterung. Puls: 84, Blutdruck 110 mm Hg EKG I und II: Arrhythmia perpetua mit 120 Schlägen und etwa 450 Vorhofszuckungen in der Minute. Diese Erscheinungen dauerten mehrere Stunden, besserten sich dann aber wieder ganz.

2. Fall.

Bei einem Monteur wurde nach Kontakt mit einem Strom von 4000 Volt völlige Herzarrhythmie beobachtet. EKG. Vorhofflimmern, Frequenz von 420 pro Minute, unregelmäßige Kammertätigkeit, kein Flimmern. Auch hier war der Herzbefund nach einigen Tagen wieder normal.

3. Fall.

Der Befund bei einem 46jährigen Arbeiter nach einem Unfall mit einem Strom von 500 Volt war folgender: Flimmern der Vorhöfe, Kammertätigkeit ungleichmäßig, Erlahmen der Herzkraft. Hier besserte sich das Leiden nicht. Es blieb eine völlig unregelmäßige Herztätigkeit zurück. Patient starb zwei Jahre später an einer anderen Erkrankung.

Aehnlich wie beim Herzen kann man auch im **Gehirn** den Tod der Ganglienzellen durch ungenügende Ernährung infolge einer pathologischen Gefäß- und Blutveränderung erklären. Die Ganglienzellen, als die empfindlichsten Zellen des Organismus, können nach P i e t r u s k y eine länger als zwölf Minuten dauernde Absperrung von der Blutzufuhr nicht vertragen, sie gehen dann zugrunde. Wenn nun unter der Einwirkung der Elektrizität an lebensnotwendigen Gebieten im Gehirn durch die vorhin erwähnten Veränderungen eine Blutsperre in größerem Umfang und für längere Zeit eintritt, so ist es denkbar, daß der Tod die Folge ist.

In folgenden Fällen beherrschen die Gefäßveränderungen im Gehirn das Bild.

Ein 34jähriger Nachtwächter wurde morgens tot neben einer Schalttafel aufgefunden.

Obduktionsbefund:

An beiden Backen zwei markstückgroße, brandartige Stellen. Flächenhafte Blutungen zwischen harter und weicher Hirnhaut, zwischen weicher Hirnhaut und Gehirn. Größere Blutungen in den beiden ersten Ventrikeln. Sonst keine pathologischen Befunde der inneren Organe.

Der zweite Fall ist ein Spättod, daher für uns nicht von so großer Bedeutung.

Ein Elektrotechniker kam durch Berührung einer Leitung von 220 Volt unter Spannung. Er zeigte starke Erregungserscheinungen und hochgradige Krämpfe, Zuckungen der Muskulatur. Cheyne-Stokesches Atmen. Tod nach sechseinhalb Stunden.

Obduktionsbefund:

Blutgefäße der Dura stark gefüllt. Blutungen der Pia-Gefäße und um die Medulla oblongata, zwischen Kleinhirn und Tentorium, um die Insel. Blutgerinsel in beiden Seitenventrikeln. Mikroskopisch zahlreiche kleine Rindenblutungen.

In verschiedenen Fällen hat man aber auch Veränderungen beobachtet, die durch direkte Einwirkung der Elektrizität verursacht waren. Gubler hat bei dem tödlichen Unfall eines 18jährigen Küchenburschen mit einer Starkstromleitung wichtige histologische Veränderungen im Gehirn festgestellt.

Stromeintrittstelle Schädeldach. Dort handtellergroßer Defekt der Schädelweichteile mit Beschädigung des Knochens. Makroskopisch keine Beteiligung des Gehirns. (Der Strom hat wohl nicht mit seiner größten Dichte den Knochen passiert, da dieser einen erheblichen Widerstand aufweist.)

Mikroskopisch: Im Gehirn, besonders in der Medulla oblongata Aufhellung und Vakuolisation in der Ganglienzelle und im Kern. Der Kern ist aufgesplittert, die Trümmer nach der Seite des langen Fortsatzes der Ganglienzellen verdrängt.
Keine Blutungen.

Langworthy hat in zwei Starkstromunfällen (einmal Hinrichtung) im Zentral-Nervensystem einen Ganglienzellenprozeß beobachtet, der dem gewöhnlichen Verflüssigungsprozeß nahe kam.

Jellinek fand bei einer Sektion: winzige Blutaustritte in der Rinde. Ein rupturiertes Gefäß. Deformation und Zertrümmerung von Ganglienzellen. Die Kerne waren an die Wand verdrängt, zum Teil sogar aus der Zelle herausgeschleudert.

Beim Ueberblick über die eizelnen Sektionsbefunde ergibt sich die Feststellung, daß man noch nicht in der Lage ist, bei Todesfällen nach elektrischem Trauma einheitlich ein und dieselbe pathologische Veränderung als Ursache für den erfolgten Tod zu bestimmen. Für den gerichtlichen Gutachter ist vorläufig die Strommarke noch immer das sicherste Kriterium für den Kontakt mit dem elektrischen Strom. Doch lassen die recht häufigen Gefäßveränderungen und die noch sehr seltenen pathologischen Befunde am Herzen und am Gehirn die Forderung erstehen, durch systematische Forschung in dieser Richtung Klärung über die Frage zu bringen, ob der elektrische Strom durch pathologisch-anatomische Veränderungen bedingt ist, oder der Schock, oder, was dasselbe ist, das Versagen der Zellfunktionen als primäre Todesursache anzusprechen ist. Ferner ist es vorgekommen, daß ein Arbeiter in der Nähe von stromführenden Teilen tot aufgefunden wurde, ohne daß er in den Stromkreis geraten war. Die Leichenöffnung konnte dartun, daß der plötzliche Tod auf eine Coronarsklerose oder dergleichen zurückzuführen war. Eine solche Differentialdiagnose kann natürlich nur durch die Sektion gestellt werden.

Für den ärztlichen Gutachter ist aber damit das Problem des elektrischen Todes noch nicht genügend erschlossen. Die Beantwortung der Frage über die Wertigkeit der einzelnen Größen, die bei jedem elektrischen Unfall in Rechnung zu ziehen und für den Ausgang bestimmend sind, steht noch aus.

In der Einleitung ist schon angedeutet worden, daß bei jedem elektrischen Unfall eine Anzahl von Faktoren zu beachten sind, die für die Ausdehnung der Schädigungen und den Ausgang verantwortlich zu machen sind. Diese Faktoren sind in dieser Arbeit in zwei große Gruppen eingeteilt worden und werden einzeln untersucht; aber man muß sich immer vor Augen halten, daß dies nur für die theoretische Betrachtung gilt, daß in der Praxis gerade das Zusammentreffen, die Summe der einzelnen Faktoren für den Effekt maßgeblich ist.

Die erste Gruppe umfaßt die Faktoren, die unabhängig von der Konstitution des Menschen durch die Beschaffenheit des elektrischen Stromes und die umgebenden örtlichen Verhältnisse gekennzeichnet sind.

Die erste Frage beim elektrischen Todesfall lautete früher: Welche Spannung hatte der elektrische Leiter? Wenn die Spannung 500 Volt überschritt, war damit der Grund für den tödlichen Ausgang gegeben. Die sich häufenden Unfälle und die wachsende Erfahrung haben aber gelehrt, daß diese Anschauung nicht der Wirklichkeit entsprach, denn jede Spannung, gleichgültig, ob es sich um einen Gleichstrom, Wechsel- oder Drehstrom handelt, kann tödlich wirken. Dies beweisen die Todesfälle, die sich nach Berührung

eines Stromes ereigneten, dessen Spannung, angefangen von 45 Volt — der niedrigsten Stromspannung, bei der ein tödlicher Ausgang beobachtet wurde (C o r r a d o) — bis zu 45 000 Volt und darüber betrug.

Es ginge über den Rahmen dieser Arbeit, diese empirisch gefundene Tatsache durch zahlreiche Beispiele belegen zu wollen. Einige Fälle und Zahlen mögen genügen.

Beim Versuch, eine fahrbare, elektrisch betriebene Maschine 500 Volt von ihrem Platze zu verrücken, kamen die drei Arbeiter D., H., P. unter Spannung, ohne die Hände von den Eisenteilen lösen zu können. Durch Schreie aufmerksam gemacht, schaltete ein Maschinist sofort den Strom aus. Die drei Leute fielen zu Boden. Sofort angestellte Wiederbelebungsversuche waren bei P. und D., der noch zehn Minuten atmete, ohne Erfolg. H. atmete ebenfalls noch und kam nach zwanzig Minuten andauernder Wiederbelebungsversuche wieder zu Bewußtsein.

Der Unfall kam dadurch zustande, daß sich beim Transport der Gummischlauch des Kabels durchgescheuert hatte, die Maschine daher unter Spannung kam. Begünstigt wurde er dadurch, daß die Arbeiter den blanken Draht der Erdleitung, dessen Bedeutung ihnen nicht bewußt war, absichtlich oder unabsichtlich zerrissen.

Der Arbeiter W. berührte beim Einlegen eines 4,5 m langen Eisenstabes durch eine ungeschickte Bewegung mit diesem eine Hochspannungsleitung von 5000 Volt. Er bekam einen Schlag und fiel sofort tot zu Boden. Wiederbelebungsversuche wurden nicht angestellt.

Der Hilfsarbeiter M. kam zu Tode, als er ein aus drei Drähten bestehendes Leitungskabel 220 Volt aus einen Steckkontakt herauszog. Entgegen der Vorschrift faßte er nicht am Verbindungsstecker an, sondern zog am Kabel selbst. Dabei wurde einer der Drähte aus dem Stecker herausgerissen und vermittelte den Strom. M. schrie laut auf und stürzte bewußtlos zu Boden. Die Wiederbelebungsversuche waren ohne Erfolg. Bemerkenswert ist, daß der Getötete vor einiger Zeit bei derselben Gelegenheit einen Schlag erhielt, aber nur für Sekunden bewußtlos war.

Der Arbeiter H. kam beim Versuch, eine elektrisch betriebene Sandsiebmaschine beiseite zu rücken, ums Leben. H. bekam Spannung dadurch, daß die Isolierung des Kabels (3 mal 380 Volt) beim Eintritt in die Maschine schadhaft geworden war und diese unter Spannung kam. H. wurde nach eineinhalb Minuten aus dem Stromkreis befreit und fiel dann bewußtlos um. Wiederbelebungsversuche waren ohne Erfolg.

Sehr deutlich beweisen die Zahlen, die Pietrusky bei statistischen Erhebungen im gewerblichen Betrieb fand, die Auffassung, daß die Berührung mit einem Strome, gleichgültig welcher Spannung, ein tödliches Ende haben kann.

Aus der Untersuchung der elektrischen Unfälle im Bergbau (Bezirk Halle und Waldenburg) ergab sich: Von 580 gemeldeten Unfällen verliefen 121 tödlich, davon kamen auf eine

Spannung	Todesfälle
bis 220 Volt	21
bis 500 Volt	26
über 500 Volt	67
unbekannt ? Volt	7
insgesamt:	121

Aus den 353 Unfällen, deren Stromspannungen bekannt waren, ergab sich folgende Tendenz:

Spannnung	Todesfälle	schwere Unfälle	leichte Unfälle
bis 200 Volt	21	5	52
bis 500 Volt	26	11	54
über 500 Volt	67	37	73

Bei der Untersuchung über die elektrischen Unfälle in landwirtschaftlichen Betrieben kam er zu diesen Ergebnissen:

Von den 797 Unfällen in den Jahren 1913—1926 entfallen auf diese letzten sieben bis acht Jahre 439 Unfälle.

Von diesen **439** gemeldeten **Unfällen** verliefen tödlich 235
schwer 132
leicht 70
ohne Störung 2
= 439

Die einzelnen Stromspannungen sind beteiligt:

Spannung	tödlich	schwer	leicht	
bis 220 Volt	98	29	27	
bis 500 Volt	86	80	16	
über 500 Volt	40	23	5	
Blitzschlag	2			
=	226	132	48	= 406
unbekannt				31
				437
ohne Störung				2
				439

Diese beiden Unfallstatistiken beweisen eindeutig, daß der Tod nach Kontakt mit jeder Spannung eintreten kann, sie zeigen aber auf den ersten Blick noch eine Besonderheit.

Im Bergbau überwiegt erheblich die Zahl der Todesfälle, die sich nach Unfällen mit Hochspannungen ereigneten, während bei der Landwirtschaft eine starke Verschiebung zur Seite der niederen Spannungen bemerkbar ist.

Es hängt aber nach Pietrusky damit zusammen, daß bei der Elektrifizierung im Bergbau Einrichtungen und Maschinen Verwendung finden, die eine höhere Spannung bedingen. In der Landwirtschaft dagegen, traten die Todesfälle meist nach Berührung mit Lichtleitung auf, da niedergespannte Leitungen in diesen Betrieben häufiger verwendet werden. Die Zahlen zeigen ferner, daß bei der statistischen Erforschung über die Gefahrengröße der verschiedenen Spannungen die Verbreitung, die diese jeweils finden, berücksichtigt werden muß. Sie beweist auch, daß man jede Statistik, besonders eine Statistik über elektrische Unfälle mit großer Vorsicht aufnehmen muß.

Ein anderer wichtiger Faktor ist die Stromstärke. Aber ziffermäßig bestimmen zu wollen, welche Größe sie haben muß, um den Tod zu bewirken, ist ein Unding. Wenn es auch technisch möglich ist, die Stromstärke zu messen, die den Körper durchfließt, so läßt sich das in der Praxis nur schwierig durchführen. Es läßt sich damit keineswegs feststellen, welche Stromverteilung den Körper beherrscht hat, mit welcher Stärke der Strom auf die einzelnen Organe gewirkt hat. Man hatte früher einen Wert von $^1/_{10}$ Ampère als tödliche Stromdosis angenommen, da sich bei dieser Stromstärke im Tierversuch ein tödliches Herzkammerflimmern erzeugen ließ. Man muß sich damit begnügen, anzunehmen, daß der Tod eintritt, wenn der Strom mit bestimmter nicht feststellbarer Stärke und genügend langer Dauer auf den Körper einwirkt.

Zum dritten Faktor zählen die äußeren Umstände am Unfallsorte, die für die Leitungsverhältnisse bei Stromschluß ein günstiges Medium abgeben. Mangelhaftigkeit des Materials, ungenügende Sicherung durch unvollkommene Schutzerdung, unvorschriftsmäßige Anlage und ähnliches mehr. Hierher gehören auch klimatische und meteorologische Verhältnisse, die bei Zustandekommen eines elektrischen Unfalls eine besonders ungünstige Rolle spielen können. Der Einfluß des Wetters ist allgemein bekannt. Hat es geregnet, ist der Boden feucht oder sind die Kleider und Schuhe naß geworden, so sind bei Stromschluß die Leitungsverhältnisse für die Erdung sehr viel besser und die Auswirkungen des Stromschlages erheblich gefährlicher (Ohm'sches Gesetz). Erwähnenswert ist die Tatsache, daß ein niedrig gespannter Strom bis 250 Volt unter der Bedingung einer guten Erdleitung leicht tödlich wirkt, während ein viel höher gespannter Strom, der vielleicht bei guter Erdleitung nicht tödlich wirkt, bei schlechter Erdleitung tötet.

Jellinek beschreibt einen Fall, der die Bedeutung, die der Feuchtigkeit bei einem elektrischen Unfall zukommen kann, klar veranschaulicht.

> Ein 36jähriger Mann ging mit einer brennenden elektrischen Lampe in der Hand aus seinem Wohnzimmer in den Garten. Da es ein sehr heißer Tag war, hatte man den Betonboden vorher gesprengt. Zudem ging der Betreffende barfuß. In dem Moment, als er mit den Füßen den feuchten Boden betrat, schrie er kurz auf und fiel leblos zu Boden. Strommarke am rechten Daumen.

Roger und Cavalié berichten von dem Tod eines Ehepaars.

> Der Mann, der in den feuchten Keller gegangen war, um eine Flasche Wein heraufzuholen, hatte von einer tragbaren elektrischen Lampe 165 Volt einen tödlichen Schlag bekommen.
>
> Als er nach einiger Zeit nicht wiederkam, stieg die Frau auch in den Keller und erhielt ebenfalls, als sie die Lampe berührte, einen Schlag, der ihren Tod bewirkte. Die Fassung der Lampe leitete den Stromm. Strommarken.

Bei dem Fall, den Buhtz beschreibt, handelt es sich um einen **Selbstmord.**

> Der 41jährige Arbeiter G. wurde im Stall rücklings am Boden liegend aufgefunden. Der Stallboden war sehr feucht. G. hatte das Ende der Handlampenleitung 220 Volt, die er aus der Lampe herausgerissen hatte, um die linke Hand gewickelt. Begünstigend wirkte hier für den tödlichen Ausgang der sehr feuchte Stallboden. Strommarken.

Besonders kraß zeigen 2 von Pietrusky beschriebene Todesfälle das gute Leitvermögen bei starker Feuchtigkeit. Das eine Mal erfolgte die Leitung durch einen Wasserschleier in einer Pumpstation, das andere Mal wurde der Strom durch den Wasserstrahl bei Löschen eines Brandes übertragen.

Müller erwähnt einen Todesfall, der auf die gute Leitfähigkeit des frischen Betons in einem Neubau.

Das 5 Jahre alte Kind wurde während des Bades, als es nach dem Wasserhahn griff, unter Strom gesetzt und kam dadurch zu Tode. Die Ursache war folgendermaßen zu erklären: Durch zwei eiserne Hakendübel, die in die Wand eingeschlagen waren und dabei die unter Putz gelegte Lichtleitung getroffen hatten, war der Strom durch das noch feuchte Beton zur Wasserleitung verbreitet worden (sogenannte vagabundierende Ströme).

Interessant sind die Versuche, die Jellinek über den Widerstand des Betonbodens in ungeschützten Räumen unternahm. Angeregt wurde er durch 2 Unfälle mit dem elektrischen Strom, die sich

an derselben Stelle ereigneten, von denen der eine einen harmlosen Verlauf nahm, während der andere tödlich endete. Er stellte an verschiedenen Tagen Messungen über meteorologische Größen, wie Feuchtigkeitsgehalt der Luft, Maximaltemperatur, Regenhöhe und Dampfspannung an. Er kam dabei zu Ergebnissen, die lebhafte Unterschiede zeigten und den verschiedenen Feuchtigkeitsgehalt des Betons erklärten, das einmal die Leitfähigkeit des Eisens besaß, das nächste Mal aber wie ein Isolator wirkte.

Eine Elektrisierung kann aber auch bei sehr warmer Witterung unangenehme Folgen zeigen. Im Sommer in heißen Räumen ist die Tätigkeit der Schweißdrüsen der menschlichen Haut bedeutend stärker, ihre Sekrete sind vermehrt, was ein Sinken des Hautwiderstandes zur Folge hat.

Ein Beispiel:

Der 24jährige Knecht wurde morgens tot auf dem Misthaufen liegend gefunden. Zwischen Kopf und linker Hand lag die Glühbirne mitsamt der Messingfassung am umsponnenen Leitungsdraht 220 Volt, von dem er Strom bekommen hatte. Bei dem herrschenden Föhnwetter hatte sich der Knecht in Schweiß gearbeitet, außerdem war der Misthaufen sehr naß, was sich auch an seinen Schuhen und seiner Hose bemerkbar machte. Der Knecht lag unterhalb der Aufhängestelle der Lampe, an der er wohl etwas hatte reparieren wollen und bei diesem Versuche den Schlag von der defekten Leitung bekommen hatte.

Aehnliches gibt auch Pietrusky an, der bei seiner Untersuchung der elektrischen Unfälle in Landwirtschaft und Bergbau die Feststellung machte, daß während der heißen Jahreszeit in beiden Betrieben, also in den Monaten Juni, Juli, August die Zahl der Unfälle erheblich anstieg. Er führt das auf die erhöhte Schweißbildung und die leichtere Ermüdbarkeit zurück, die ein begünstigendes Moment für leichten Stromschluß abgeben.

Für die Bestimmung des Gefahrenmomentes treten neben diese technischen und mechanischen Faktoren noch solche von der gleichen Bedeutung, die durch die Konstitution des Menschen bedingt sind. Man kann sie auch als biologische Faktoren bezeichnen. Normalerweise besitzt jeder Mensch von kräftiger, gesunder Konstitution eine bestimmte Widerstandsfähigkeit dem elektrischen Strom gegenüber, die natürlich bei jedem Menschen verschieden ist, sich aber nicht in Zahlengröße ausdrücken läßt. Diese Widerstandskraft kann vorübergehend oder dauernd ungünstig verändert sein.

Um die Bedeutung der einzelnen Veränderungen, die sowohl auf physischem wie auf psychischem Gebiete liegen können, ganz zu übersehen, muß man die Wirkungsweise der Elektrizität in unserem Körper verstehen. Man hat nämlich eine Leitungs- und eine Reiz-

wirkung der Elektrizität von einander zu unterscheiden (Jellinek). Eigenart des elektrischen Unfalls ist es, daß im Augenblick der Berührung dieser Energiefluß den ganzen Körper durcheilt und die elektrische Kraft allen Organen, jeder Zelle mitgeteilt wird, die nach ihrem spezifischen Leistungswiderstand mehr oder weniger stark belastet werden. Man hat also die Vorstellung, daß die Wirkung bei jeder Elektrisierung einmal durch die Fortleitung der Elektrizität, der elektrischen Energie durch den Körperquerschnittt zustande kommt.

Setzt man für den Querschnitt durch die Brust eines Menschen ca. 60 000 mm² an, wo doch wichtige Organe wie Herz, Lunge, Rückenmark liegen, so ist die Dichte des Stromanteils, die auf einen Flächenmillimeter dieses Querschnittes zur Auswirkung kommt, außerordentlich gering. Die enorm feine Verteilung der Elektrizität steht aber im Widerspruch zu den auftretenden Störungen. Man nimmt daher noch eine zweite Wirkung der Elektrizität an, die auch der ungeheueren Schockwirkung gerecht wird. Diese beruht auf der Fortleitung der Erregung über das Nervensystem. Jeder die äußere Haut treffende Reiz, z. B. ein Kälte- oder Wärmereiz, eine Schmerzauslösung wird auf dem Wege der Nervenbahnen dem Gehirn vermittelt und löst dort einen Effekt aus.

Ebenso wird der Reiz, der bei jeder Elektrisierung auftritt, dem Zentral-Nervensystem zugeleitet. Auf diesem Wege wird er aber durch die überall abzweigenden Nerven allen anderen Organen mitgeteilt und übt auf diese einen starken erregenden Einfluß aus. Man kann also die Doppelwirkung der Elektrizität einteilen in eine dynamogene (Fortleitung der elektrischen Energie) und in eine psychogene (Fortleitung der Erregung) (Jellinek).

Diese Auffassung von der doppelten Stromwirkung gibt eine Erklärung dafür, daß der Mensch durch angespannte Aufmerksamkeit sich der plötzlichen Erregung entgegenstemmen und die Reizwirkung, das Schreckmoment durch eine gewisse Vorbereitung abschwächen kann. Diese Strombereitschaft (Jellinek) unterscheidet den elektrischen Unfall grundlegend von jedem anderen, bereitet aber bei seiner Erforschung große Schwierigkeiten. Sie macht es verständlich, daß Elektrotechniker, die bei Ausübung ihres Berufes häufig elektrische Stromspannungen berühren, nicht den geringsten Schaden nehmen, weil sie eben durch ihre erhöhte Aufmerksamkeit dem elektrischen Schlag seine große Gefahr, die in der plötzlichen Ueberraschung liegt, nehmen. Jellinek nennt die Schockwirkung, der er die größte Bedeutung beim elektrischen Unfall beimißt, auch Schrecklähmung. Er bewies an einem ausgezeichneten Versuch, daß eine derartige Strombereitschaft besteht. Er leitete durch einen Käfig, in dem eine Katze eingesperrt war, einen elektrischen Strom. Der Erfolg war, daß die Katze hingeworfen wurde und betäubt liegen blieb. Reizte er aber vorher die

Katze durch einen Stock vor dem Gitter, so warf sie sich erst mehrmals gegen den Stock und legte sich dann auf die Lauer. Bei erneutem Stromschlag wurde sie keineswegs betäubt, sondern sprang wütend gegen den vorgehaltenen Stock.

Die Strombereitschaft erklärt, warum z. B. die Hinrichtungen in Amerika durch den elektrischen Stuhl oft so erhebliche Schwierigkeiten bereiten oder Selbstmordversuche mit einem Mißerfolg enden, eventuell nur eine Verstümmelung zurücklassen.

Eine junge Frau faßte mit der linken Hand an die Drähte einer Hochspannungsleitung 30 000 Volt. Sie blieb hängen und mußte durch fremde Personen befreit werden. Sie verlor keinen Augenblick das Bewußtsein, zeigte aber schwere Verbrennungen mit späterem Gangraen am linken Arm und beiden Füßen.

Ein geistesgestörter Elektromonteur ging in einer Anstalt in eine Transformatorzelle, deren Vorhängeschloß er durchsägen mußte, entfernte die Schutzklappen und griff mit beiden Händen an die Leitung, deren Spannungsunterschiede 3000 Volt betrugen. Er wurde fortgeschleudert, blieb aber bei Bewußtsein und ging allein wieder fort. Er zeigte an beiden Händen Strommarken in Gestalt zahlreicher Blasen, wies aber sonst keine Störung auf.

Ein schizophrener Patient war auf den Mast einer Hochspannungsleitung von 125 000 Volt geklettert, die er mit der rechten Hand anfaßte. Im Moment der Berührung wurde er zu Boden geschleudert, konnte noch etwa hundert Meter weiter kriechen, verlor aber dann das Bewußtsein. Der Patient machte klare Angaben. Er starb nach 17 Tagen an schweren Brandwunden am Arm, Rumpf und Gesäß.

Höpler führt einen Mordversuch mit dem elektrischen Strom an. Dieser Fall hat insofern noch Interesse, als auch hier das Fehlen der Strombereitschaft den tödlichen Ausgang begünstigt. Der 26jährige Bauer N. hatte in Gesichtshöhe einen Draht quer über die Straße gespannt und das eine Ende über eine 20 000-Volt-Leitung geworfen. Drei Leute, die den Draht berührten, kamen dadurch zu Tode. Eine vierte Person erlitt Brandwunden zweiten und dritten Grades. N. hatte diese Tat aus Rache gegen seinen älteren Stiefbruder unternommen, dem er einen Schaden zufügen wollte.

Die Strombereitschaft ist eine individuelle Eigenschaft des Menschen, die aber auch bei der gleichen Person vorübergehend und dauernd beträchtlichen Schwankungen unterworfen sein kann. Es ist klar, daß nach einer angestrengten Tagesarbeit die Spannkraft einer Ermüdung Platz macht und dann auf eine Berührung mit dem elektrischen Strom eine viel ungünstigere Reaktion erfolgt. Durch Mangel an Schlaf, durch Gemütsbewegungen (Aufregung, Sorge, Aerger), durch allgemeine Ueberarbeitung kann die Strombereitschaft bei sonst normaler Konstitution vorübergehend ungünstig beeinflußt werden.

Dauernd kann sie bei veränderter Konstitution verringert sein, wie das bei Neurasthenikern und Alkoholikern der Fall ist. Man nimmt hier an, daß die Betreffenden aus einer erhöhten Erregbarkeit des Nervensystems heraus dem elektrischen Strom gegenüber eine geringere Toleranz besitzen und demnach bei einem elektrischen Unfalle besonderen Gefahren ausgesetzt sind.

Auch der zweiten Wirkung der Elektrizität — der Fortleitung der elektrischen Energie — gegenüber verfügt der Mensch über eine gewisse Widerstandsfähigkeit, die durch den elektrischen Leitungswiderstand der Haut und den elektrischen Leitungswiderstand des Körperinneren, auch Streckenwiderstand genannt, gegeben ist.

Von dieser somatischen Eigenschaft spielt der Widerstand der Haut, dem die größere Bedeutung zukommt, oft eine entscheidende Rolle. Denn bei einem Stromschlag erfährt zuerst die Haut die Berührung mit der Elektrizität und ist imstande, durch die in ihr liegende Abwehrkraft die Wirkung der Elektrizität abzuschwächen, sie zum größeren Teil über die Körperoberfläche abzuleiten und damit ein tragisches Ende zu verhüten. Der Widerstand der Haut ist ein Faktor, der bei jedem Menschen verschieden groß sein kann, der aber auch beim einzelnen wechseln kann. Er wechselt insofern schon, als die Haut an den Körperstellen, die mit einer größeren Anzahl von Schweißdrüsen oder reichlichen Blutgefäßen ausgestattet sind, den Strom viel besser zu leiten vermag. Der normale Widerstand der Haut sinkt aber beträchtlich herab, wenn ihre Oberfläche viel mehr durchfeuchtet ist, was bei warmem Wetter, in überhitzten Räumen, durch vermehrte Schweißsekretion, aber auch bei nebeliger Witterung und in den Räumen, in denen reichlich Dampf erzeugt wird, der Fall sein kann. Der Hautwiderstand der Hand, die doch in der Regel den Kontakt mit dem Strom vermittelt, zeigt auffallend große Unterschiede in seiner Größe.

Man hat durch Messungen festgestellt, daß sich der Leitungswiderstand bei feuchter Haut um 1000 Ohm, bei trockener und schwieliger Hand zwischen 100 000 und einigen Millionen Ohm (Jellinek) bewegt. Ist die Haut durch Staub, chemische Lösungen oder andere Stoffe, die gut leiten, verunreinigt, so wird ihr Widerstand gleichfalls ungünstig verändert. Die Einwirkung des Stromes wird gleichzeitig ausgedehnter. Sie erstreckt sich über eine größere Fläche. Diese Elektrodengröße soll man aber nicht überschätzen, da schon bei einer Funkenentladung der Tod eintreten kann.

Ein Monteur, der von dem Funken eines Transformators 5000 Volt in den Rücken getroffen wurde, brach nach drei Schritten leblos zusammen. (Jellinek.)

Der elektrische Leitungswiderstand im Körper, der aus der spezifischen Widerstandsfähigkeit eines jeden Organs und seiner Zellen resultiert, kann vorübergehend durch eine akute, interkurrente Erkrankung oder im Stadium der Rekonvalscenz eine Ver-

minderung erfahren. Pietrusky führt einen Fall an, wo ein Arbeiter acht Tage nach überstandener Appendicitis und Pneumonie auf seiner Arbeitsstelle durch elektrischen Stromschlag 220 Volt umkam.

Im allgemeinen dürften derartige Unfälle in der Praxis recht selten sein, da die Gelegenheit, in Kontakt mit dem elektrischen Strom zu kommen, während einer Erkrankung nicht besonders groß ist. Man muß heutzutage insofern an diese Gefahr denken, als in der Krankenbehandlung die Elektrotherapie immer größeren Umfang annimmt.

Wichtiger ist aber jener Zustand, wo infolge bestimmter chronischer Erkrankungen die Widerstandskraft dauernd herabgesetzt ist. Es betrifft dies die Träger einer Herz- und Gefäßerkrankung (Klappenfehler, Endo-, Myo-Pericarditis, Mesaortitis, Atherosklerose, Hypertonie und ähnlichem mehr) oder einer chronischen Nierenerkrankung. Letztere weist in der Regel einen direkten Zusammenhang mit den Gefäßerkrankungen auf und kann hier unter der Bezeichnung Kreislauferkrankung mit einbegriffen werden. Da nun die Gefäßwände infolge der chronischen Erkrankung starken Reizen gegenüber mit einer erhöhten Labilität ausgezeichnet sind, ist es verständlich, daß sie der großen Belastung, die die elektrische Einwirkung darstellt, unter Umständen nicht standhalten können. Wenn dann ein Schaden in lebenswichtigen Zentren, also im Herzen oder Gehirn auftritt, muß der Tod die Folge sein.

Aehnlich wird das Herz, das — wenn die Theorie zu Recht besteht — einer besonderen Elektrizitäts-Wirkung ausgesetzt ist, bei krankhafter Veränderung unter der elektrischen Einwirkung leichter versagen.

Die 61jährige Frau X wurde tot im Bette liegend aufgefunden. Sie hielt eine Lampe 240 Volt in der linken Hand, die ihr durch eine undichte Stelle der Fassung den Strom vermittelt hatte. Sie litt an einem alten Mitralfehler.

Sektion: Stauung in allen Organen, alter Herzfehler, geringes Lungenoedem.

Ein 50jähriger Arbeiter betrat entgegen den Vorschriften eine Transformatorenstation und kam mit einer Starkstromleitung von 5000 Volt in Berührung.

Sektion ergab: Herzerweiterung, Atherosklerose der Aorta, der Coronararterien und der Arterien an der Gehirnbasis.

Ein 45jähriger Arbeiter verunglückte bei Ausbesserungsarbeiten an einer Leitung. Er berührte ein nicht isoliertes Kabel 250 Volt und starb innerhalb weniger Minuten.

Sektion: arteriosklerotische Schrumpfnieren, Atherosklerose der Aorta.

Die beiden letzten Beispiele entstammen einer Arbeit Neureiters, der bei 32 von 46 Stromtodesfällen, die zur Sektion kamen, eine pathologische Veränderung der oben genannten Art fand und sie für ein begünstigendes Moment zum plötzlichen Tode nach elektrischem Trauma erklärt.

Wahrscheinlich kann eine ungewöhnliche Gesamtkonstitution dauernd eine erhöhte Disposition für eine tödliche elektrische Einwirkung bedingen. Ob man auch im Status thyo-lymphaticus eine Veränderung der normalen somatischen Beschaffenheit des Menschen erblicken darf, die den elektrischen Leitungswiderstand des Körpers gegenüber der Fortleitung der elektrischen Energie abschwächt, ist fraglich.

Bei den Sektionen, die bei elektrischen Todesfällen von den verschiedensten Obduzenten ausgeführt wurden, wurde verhältnismäßig häufig ein vergrößerter Thymus und eine Vermehrung des lymphatischen Gewebes festgestellt.

Ein junges Mädchen erhielt bei dem Vorhaben, eine brennende elektrische Stehlampe zu versetzen, einen Schlag, da die Fassung Strom führte. Sie stieß einen Schrei aus, sprach noch einige Worte, fiel dann aber bewußtlos um und starb in wenigen Minuten.

Sektion: persistierender Thymus, vergrößerte Lymphdrüsen und Milz. Aeußerst saftreiche Organe.

Derartige Beispiele ließen sich noch in zahlreicher Menge beifügen. Neuerdings dringt aber die Ansicht durch, einen persistierenden Thymus und eine Hyperplasie des lymphatischen Gewebes nicht als eine Konstitutionsanomalie auszulegen, die nach elektrischem Trauma für den tödlichen Ausgang in hervorragendem Maße verantwortlich sei.

Bei der Betrachtung der Widerstandskraft des Menschen gegen die Elektrizität muß man also die Strombereitschaft von dem somatischen Widerstand unterscheiden.

I. Beide können bei gesunder Gesamtkonstitution vorübergehend verändert sein.

II. Dauernd ist die allgemeine Widerstandskraft verringert bei veränderter, von der Norm abweichender Konstitution.
   1. bei Neurasthenikern,
   2. bei Alkoholikern,
   3. bei Status thymo-lymphaticus (unsicher).

III. Bei gesunder Konstitution, aber erkrankten Organsystemen wird die somatische Widerstandsfähigkeit dauernd verringert.

Die Untersuchung des Unfallmechanismus ergibt die für die Praxis überaus wichtige Tatsache, daß es nicht angängig ist, für den elektrischen Tod nur die Beschaffenheit des elektrischen Leiters

verantwortlich zu machen. Um dem Begriff des tödlichen elektrischen Unfalls in vollem Umfange gerecht zu werden, muß man auch die Bedeutung der Gefahrenmomente, die sowohl in örtlichen und klimatischen Faktoren wie auch in der biologischen Wertigkeit des Menschen gegeben sind, einer angemessenen Beurteilung zuführen. Man muß Z e m e unbedingt recht geben, der sagt: „Je ausgesprochener die Krankheit und ungünstiger die Umweltverhältnisse, desto schwächer braucht der elektrische Strom sein, je größer also der disponierende Koeffizient ist, desto kleiner kann der auslösende Koeffizient sein.

Was lehrt uns die Kasuistik des elektrischen Todes und welche Aufgaben erwachsen aus diesen Feststellungen für die Gutachterpraxis?

I. Sie zeigt, daß eine Berührung mit einem elektrischen Leiter, gleichgültig, welcher Stromspannung und Stromstärke für jeden Menschen gefährlich werden und einen tödlichen Ausgang nehmen kann. Wo die Elektrizität aber und ob sie überhaupt im menschlichen Körper eine pathologisch-anatomische Veränderung in solchem Ausmaße setzt, oder ob es eine funktionelle Störung ist, die den sofortigen Tod zur Folge hat, darüber herrscht heute noch keine volle Uebereinstimmung. Dahingegen muß man der Erklärung J e l l i n e k s, der für den erzielten Effekt, der Elektrizität eine doppelte Wirkungsweise zuschreibt, große Wahrscheinlichkeit zusprechen.

II. Es ist unbedingt erforderlich, daß neben der reinen Elektrizitäts-Wirkung auch die Umweltverhältnisse und die biologischen Faktoren eine richtige Deutung erfahren müssen.

Die Aufgabe des ärztlichen Gutachters wird es also sein, bei jedem elektrischen Todesfall aus wissenschaftlichen wie aus praktischen Gründen eine Obduktion vorzunehmen oder zu beantragen. Denn bei der eigentlichen Unkenntnis über die den Tod verursachenden Vorgänge nach elektrischem Trauma wird es nur dann möglich sein, das Problem des elektrischen Todes zu klären, wenn man über ein großes, systematisch durchforschtes Material verfügt (N e u r e i t e r). Zum andern muß der Arzt aus der Erkenntnis über die Bedeutung der biologischen Faktoren die Sektion verlangen. Sie soll ihm die Möglichkeit geben, diese Faktoren in ihrem ganzen Umfange zu erforschen und zu erkennen, denn in seiner Tätigkeit als Gutachter hat er neben den äußeren auch die inneren Faktoren eingehend zu berücksichtigen.

Für das praktische Leben ergibt sich die Aufgabe — unter dem Blickpunkt der höchstmöglichen Sicherheit —, Maßnahmen zu ergreifen, um die Personen, die auf Grund ihrer Konstitution oder eines Leidens der Elektrizität gegenüber eine geringere Toleranz aufweisen, bei ihrer Arbeit aus der Gefahrenzone des elektrischen Stromes fernzuhalten.

Wie diese Sicherheitsmaßnahmen durch ärztliche Untersuchung und Eignungsprüfung im einzelnen zu gestalten wären, würde sich bei einem Zusammenwirken von Arbeiter, Techniker und Gerichtsarzt leichtlich ergeben, kann jedoch nicht Aufgabe dieser Arbeit sein.

Zum Schluß stelle ich die für die gerichtliche und sozialrechtliche Begutachtung wichtigen Punkte noch einmal kurz zusammen:

1. Bei jedem tödlichen Betriebsunfall, der als Stromtod gedeutet werden kann, ist festzustellen:

a) ob überhaupt der Strom in den Körper eingetreten ist, durch den Nachweis von Strommarken und anderer Stromeintrittszeichen;

b) ob der Strom den Tod herbeigeführt hat.

Diese Feststellung kann auf Grund einer Leichenöffnung getroffen werden. Die Sektion wird in der Regel von der Berufsgenossenschaft angeordnet, wenn ein strafbares Vergehen in Betracht kommt, vom Gericht. Die Mitwirkung des die Leichenschau tätigenden Arztes besteht in der Erkennung des möglichen Zusammenhanges und in der Anregung zur Leichenöffnung. Ohne Sektion läßt sich ein Stromtod nicht sicher von einem aus natürlicher Ursache erfolgten plötzlichen Tod abgrenzen.

2. Der Stromtod kann auch zum Selbstmord gewählt werden. Bei der Leichenschau muß daher die Lage der Leiche zu den stromführenden Teilen genau beachtet und sogleich beschrieben werden. Eventuell muß der Arzt sich den Tatbestand rekonstruieren lassen.

3. Da der elektrische Strom schon zu Mordzwecken verwandt oder zum Schabernak mißbraucht worden ist, so muß der Arzt bei der Untersuchung auch hierauf Bedacht nehmen.

4. Für den Arzt als Helfer ist die unverzügliche Einleitung von Rettungsmaßnahmen bei jedem angeblichen „Stromtod" erste Pflicht. Das Wichtigste ist der sofortige Beginn der künstlichen Atmung, die nicht unterbrochen werden darf und andauern soll, bis der Verunglückte wieder zu sich kommt oder Totenflecke auftreten. Daneben kommen Injektionen von Herz- und Atemzentrum erregenden Mitteln wie Coffein, Cardiazol und Lobelin in Frage. Hautreize mit warmen und kalten Tüchern, Beklopfen des Gesichtes und der Herzgegend wirken günstig. In der Regel, wenigstens in größeren Betrieben, sind heutzutage mit diesen Maßnahmen vertraute Rettungsmannschaften zur Stelle. Wo sie fehlen, ist es Aufgabe des Arztes, für schnelle Hilfe zu sorgen. Ein Unterlassen kann als Fahrlässigkeit aufgefaßt werden.

Für die Ueberlassung des Themas und die vielseitigen Anregungen spreche ich Herrn Professor B e r g meinen verbindlichsten Dank aus.

Schrifttum.

H. Bouruttau:
Der Mechanismus des Todes durch den elektrischen Strom und die Rettungsfrage.
Vierteljahrsschr. f. ger. Medizin u. öff. Sanitätsw. 1918, Bd. 55 S. 1.

G. Buhtz:
Selbstmord mit dem Strom einer Lichtleitung.
Dtsch. Ztschr. f. d. ges. ger. Med. 1930, Bd. 14 S. 443.

E. Gubler:
Zur Kasuistik der tödlichen elektrischen Schädelverletzung.
Dtsch. Ztschr. f. d. ges. ger. Med. 1926, Bd. 8 S. 406.

A. Hickl:
Ueber Vorhofflimmern nach Starkstromverletzung.
Münch. med. Wochenschr. 1932, II. S. 1277.

E. Höpler:
Mord durch Starkstrom.
Archiv f. Kriminologie 1931, Bd. 88 S. 198.

R. Jaksch-Wartenhorst:
Vorhofflimmern nach elektrischem Trauma.
Dtsch. Ztschr. f. d. ges. ger. Med. 1927, Bd. 9 S. 227.

St. Jellinek:
Der elektrische Unfall.
Deuticke, Leipzig-Wien 1927.

derselbe:
Spurenkunde der Elektrizität.
ebenda.

derselbe:
Die Gefahren der Elektrizität. Unfallverhütung und erste Hilfe.
Das oesterreichische Sanitätswesen 1913, Nr. 10.

derselbe:
Die äußere Form der elektrischen Strommarke.
Dtsch. Ztschr. f. d. ges. ger. Med. 1922, Bd. 1 S. 596.

derselbe:
Tödlicher Elektrounfall eines Schizophrenen.
Einige Betrachtungen über dessen Folgeerscheinungen.
Dtsch. Ztschr. f. d. ges. ger. Med. 1933, Bd. 20 S. 70.

E. Jenkins:
Elektrischer Todesfall.
Dtsch. Ztschr. f. d. ges. ger. Med. 1928, Bd. 11 S. 160.

A. D. Kaplan:
Einige forensisch wichtige Befunde aus der Elektropathologie.
Dtsch. Ztschr. f. d. ges. ger. Med. 1931, Bd. 17 S. 217.

I. Kawamura:
Elektropathologische Histologie.
Virchows Archiv 1921, Bd. 231 S. 570.
O. K. Langworthy:
Experimentelle Studie über die elektrischen Schädigungen im Organismus.
Dtsch. Ztschr. f. d. ges. ger. Med. 1931, Bd. 16 S. 83.
derselbe:
Nervenzellschädigung bei menschlichen Todesfällen durch Elektrizität.
Dtsch. Ztschr. f. d. ges. ger. Med. 1931, Bd. 16 S. 221.
J. F. Martin:
Gefäßveränderungen bei Starkstromverletzungen.
Dtsch. Ztschr. f. d. ges. ger. Med. 1924, Bd. 4 S. 591.
C. W. G. Mieremet:
Hautveränderungen durch Einwirkung des elektrischen Stromes, ihre differentialdiagnostische Bedeutung und ihr histologisches Bild.
Klin. Wochenschr. 1923, Nr. 29 S. 1362.
J. G. Morgan:
Todesfall durch den elektrischen Strom, mit einigen Bemerkungen über den klinischen Wert von Lobelin.
Dtsch. Ztschr. f. d. ges. ger. Med. 1928, Bd. 12 S. 132.
M. Müller:
Der Tod in der Badewanne.
Dtsch. Ztschr. f. d. ges. ger. Med. 1932, Bd. 19 S. 21.
F. Naville und G. de Morsier:
Unfälle infolge der in der Industrie gebräuchlichen Elektrizität.
Dtsch. Ztschr. f. d. ges. ger. Med. 1928, Bd. 11 S. 131.
F. Neureiter:
Ein weiterer Beitrag zur Frage nach der Bedeutung der Disposition beim plötzlichen Tod nach elektrischem Trauma.
Beiträge zur gerichtlichen Med. 1932, Bd. 12 S. 85.
J. Patel:
Selbstmordversuch durch Starkstrom.
Dtsch. Ztschr. f. d. ges. ger. Med. 1931, Bd. 17 S. 259.
F. Pietrusky:
Experimentelle Untersuchungen über die Wirkung mittel- und hochgespannter Ströme auf den lebenden Körper.
Dtsch. Ztschr. f. d. ges. ger. Med. 1926, Bd. 6 S. 535.
derselbe:
Der elektrische Unfall in landwirtschaftlichen Betrieben.
Dtsch. Ztschr. f. d. ges. ger. Med. 1931, Bd. 16 S. 313.
derselbe:
Der elektrische Unfall im Bergbau.
Dtsch. Ztschr. f. d. ges. ger. Med. 1932, Bd. 19 S. 313.

F. Roger und J. Cavalié:
Tod eines Ehepaares durch 115 Volt.
Dtsch. Ztschr. f. d. ges. ger. Med. 1928, Bd. 11 S. 196.
E. Schridde:
Hautverbrennungen durch hohe Hitze.
Klin. Wochenschr. 1922, Nr. 52 S. 2563.
derselbe:
Der elektrische Stromtod. Pathologisch - anatomische Untersuchungen.
Klin. Wochenschr. 1925, Nr. 45 S. 2143.
E. Schridde und A. Beekmann:
Experimentelle Untersuchungen über die Einwirkungen des elektrischen Stromes auf die menschliche Haut.
Virchows Archiv 1924, Bd. 252 S. 774.
G. Schrader:
Experimentelle Untersuchungen zur Histopathologie elektrischer Hautschädigungen durch niedergespannten Gleich- und Wechselstrom.
Veröffentl. b. Gewerbe- und Konstitutions-Pathologie 1932, H. 33.
derselbe:
Elektrokardiographische Untersuchungen zur Frage des elektrischen Todes.
Dtsch. Ztschr. f. d. ges. ger. Med. 1933, Bd. 20.
G. Strassmann:
Beobachtung bei elektrischen Todesfällen mit besonderer Berücksichtigung der Haut- und Haarveränderungen.
Dtsch. Ztschr. f. d. ges. ger. Med. 1927, Bd. 9 S. 699.
derselbe:
Fäulniswirkungen und Einwirkung des elektrischen Stromes auf die Haut.
Dtsch. Ztschr. f. d. ges. ger. Med. 1928, Bd. 11 S. 202.
derselbe:
Hautveränderungen durch den elektrischen Strom.
Dtsch. Ztschr. f. d. ges. ger. Med. 1933, Bd. 20 S. 239.
F. Trembur:
Ueber die Wirkung des elektrischen Hochspannungsstromes vom gerichtsärztlichen Standpunkt.
Vierteljahrsschr. f. ger. Med. u. öffentl. Sanitätsw. 1908, Bd. 56 S. 363.
M. Trenel:
Versuch oder Vortäuschung eines Selbstmordes durch den elektrischen Strom von 3000 Volt?
Dtsch. Ztschr. f. d. ges. ger. Med. 1927, Bd. 9 S. 332.
E. Vollmer:
Ueber einen Fall von elektrischem Hirntod.
Dtsch. Ztschr. f. d. ges. ger. Med. 1930, Bd. 14 S. 20.

L. Wachholz:
Tod durch Vergiftung oder durch den elektrischen Strom?
Dtsch. Ztschr. f. d. ges. ger. Med. 1933, Bd. 20 S. 249.
R. Weber:
Beitrag zur Kasuistik des Todes durch den elektrischen Strom.
Münch. med. Wochenschr. 1925, I. S. 566.
W. Weimann:
Zur Histopathologie der Hautveränderungen durch den elektrischen Strom.
Dtsch. Ztschr. f. d. ges. ger. Med. 1927, Bd. 9 S. 587.
E. Ziemke:
Todesfälle durch den elektrischen Strom.
Dtsch. Ztschr. f. d. ges. ger. Med. 1924, Bd. 3 S. 586.

Lebenslauf.

Ich, Hans Jürgen Dammermann, bin am 24. März 1910 als 4. Kind des prakt. Arztes Johannes Dammermann in Karibib, Südwest-Afrika, geboren worden.

Nach Uebersiedlung meiner Eltern nach Deutschland besuchte ich von 1916 bis 1928 das Städt. Realgymnasium (Hindenburgschule) in Düsseldorf und legte daselbst meine Reifeprüfung ab.

Meine vorklinischen Semester verbrachte ich in Jena, Freiburg, München, die klinischen Semester in Wien, Rostock, München und Düsseldorf, wo ich nach 12 Studiensemestern im Juni 1934 das medizinische Staatsexamen bestand.